DOI: https://doi.org/10.32347/2707-501x.2025.56(1).3-10

УДК 69:004.9:658.5

Дмитрій ЗЯХОР,
аспірант
ORCID: 0009-0000-4362-8613
Олег ЗІНЬКОВ,
аспірант
ORCID: 0009-0007-8379-1993
Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ

УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЕКТНИХ ПОКАЗНИКІВ У БУДІВНИЦТВІ ЧЕРЕЗ ІНТЕГРАЦІЮ ЦИФРОВОГО ІНСТРУМЕНТАРІЮ ТА НОВІТНІХ МЕТОДОЛОГІЙ

У статті комплексно досліджується проблематика підвищення ефективності реалізації будівельних проєктів в умовах зростання глобальної конкуренції та посилення вимог до сталого розвитку. Розглянуто та систематизовано основні групи проєктних показників, що використовуються для оцінки успішності та ефективності реалізації будівельних проєктів, а саме: технічні, економічні, часові та якісні. Досліджено, що традиційні підходи до управління часто виявляються недостатньо гнучкими та прозорими, що призводить до системних проблем, таких як перевитрати коштів, затримки та низька адаптивність до мінливих ринкових умов. На основі аналізу сучасних досліджень обґрунтовано, що фрагментарне впровадження окремих цифрових технологій, як-от BIM, IoT, AI та PM-систем, є недостатнім для забезпечення всебічного удосконалення проєктних показників без їхньої інтеграції в цілісну методологію управління.

Проаналізовано ключові новітні методології – ощадливе будівництво (Lean Construction), що фокусується на усуненні втрат, гнучкі підходи (Agile), що забезпечують ітеративне планування та швидке реагування на зміни, та інтегровану реалізацію проєктів (IPD), яка сприяє повній співпраці між усіма учасниками проєкту. Визначено, що саме їхня взаємодія з цифровим інструментарієм створює потужний синергетичний ефект. Наприклад, BIM надає технологічну основу для реалізації принципів Lean, а системи управління ризиками, що працюють з Big Data та AI, забезпечують проактивне виявлення та мінімізацію ризиків, що є основою ROPM.

Основний акцент зроблено на синергетичному ефекті, що виникає при системній інтеграції цих методологій і цифрових інструментів. Дослідження показує, як це поєднання дозволяє досягти всебічного покращення ключових показників, забезпечуючи перехід від реактивної до проактивної моделі управління. Результатом є значне скорочення термінів, оптимізація витрат, підвищення якості та безпеки. В умовах масштабної відбудови України цей підхід стає критичною необхідністю для забезпечення сталого та технологічно досконалого процесу відновлення країни.

Ключові слова: будівництво, організація будівництва, цифровий інструментарій та методологія, удосконалення проектних показників.

Вступ. Сучасна будівельна галузь перебуває на етапі інтенсивних трансформацій, зумовлених зростанням глобальної конкуренції, посиленням вимог до ефективності

використання ресурсів та необхідністю відповідності високим стандартам якості й безпеки. Традиційні підходи до організації та управління будівельними проектами, попри свою перевірену часом ефективність, часто виявляються недостатньо гнучкими та прозорими в умовах динамічного ринку та складності сучасних об'єктів. Це призводить до частих перевитрат коштів, затримок у реалізації проектів та складнощів у досягненні оптимальних показників.

Одночасно спостерігається стрімкий розвиток цифрових технологій (таких як BIM, IoT, AI, системи управління проектами), які пропонують безпрецедентні можливості для оптимізації будівельних процесів. Проте їхнє фрагментарне впровадження без системної інтеграції в цілісну методологію часто не дає очікуваного ефекту. Водночас, нові методології управління проектами (зокрема, ощадливе будівництво (Lean Construction), гнучкі (Agile) підходи та інтегрована реалізація проектів (IPD)) доводять свою спроможність підвищувати ефективність та якість, але їхня повноцінна реалізація часто залежить від підтримки саме цифровим інструментарієм.

Таким чином, актуальність даного дослідження зумовлена необхідністю глибокого аналізу та обґрунтування того, як саме системна інтеграція сучасних методологій та цифрового інструментарію виступає ключовим фактором для досягнення суттєвого удосконалення всіх проектних показників – від вартості та термінів до якості, безпеки та екологічності.

Аналіз досліджень і публікацій. Проблематика удосконалення проєктних показників у сучасному будівництві привертає значну увагу як зарубіжних, так і українських науковців. Якісно сформовані та вимірювані показники є ключем до підвищення ефективності реалізації будівельних проєктів, що підтверджується численними дослідженнями. Зокрема, низка робіт таких вітчизняних дослідників, як П.Є. Григоровський [1], О.С. Молодід, М.І. Надточій [1], У.Д. Марущак, М.А. Саницький, В.В. Гоц та Ю.Б. Федунь [2], присвячена прикладним аспектам удосконалення проєктних показників.

Аналіз останніх публікацій демонструє зростаючу увагу наукової спільноти до інтеграції цифрових технологій та сучасних методологій як основного рушія ефективності в будівельній галузі. Такі науковці, як А. Дащь, О. Загорецька [3], М.О. Малихін [4,9], Г.М. Рижакова [5], А.В. Шпаков [5], О.Ю. Бєлєнкова [6, 7], С.П. Стеценко [7], В.В. Титок [7, 9, 10], О.М. Ємельянова [7, 9], В.О. Поколенко [10] та Д. Дубінін [6, 8], досліджували вплив цифрового інструментарію (зокрема, BIM, ERP та PM-систем) на ефективність управління, оптимізацію витрат і прогнозування ризиків.

Сучасні дослідження підтверджують, що майбутнє будівельної галузі полягає не у фрагментарному впровадженні окремих цифрових інструментів, а в їхній глибокій інтеграції з передовими методологіями управління проєктами. Ця синергія дозволяє досягти значного удосконалення всіх ключових показників проєкту, забезпечуючи підвищення ефективності, економічності, безпеки та якості будівництва.

Постановка завдання. Майбутній розвиток будівельної галузі значною мірою залежить від її здатності ефективно відповідати на ключові виклики XXI століття: зростаючий попит на будівлі та інфраструктуру, а також нагальну потребу в сталому розвитку. Традиційні методи управління вже не можуть повною мірою забезпечити необхідний рівень продуктивності, швидкості та економічності.

В Україні, на додаток до цих глобальних викликів, актуальність проблеми загострюється внаслідок повномасштабної збройної агресії. Війна спричинила значні

руйнування будівельного фонду та інфраструктури, що створює безпрецедентну потребу в швидкій, ефективній та масштабній відбудові. В умовах дефіциту ресурсів, порушення логістичних ланцюгів та браку робочої сили, традиційні підходи є недостатніми.

Саме тому системна інтеграція сучасних методологій та цифрового інструментарію стає не просто шляхом до оптимізації, а критичною необхідністю для забезпечення сталого та ефективного процесу відновлення. Вивчення цього синергетичного ефекту є ключовим для підвищення конкурентоспроможності будівельних компаній, мінімізації ризиків та забезпечення швидкого й технологічно досконалого відновлення країни.

Основна частина. Проєктні показники у будівництві - це кількісні та якісні характеристики об'єкта будівництва, які визначаються на етапі проектування та слугують для оцінки, контролю та управління будівництвом. Вони застосовуються для оцінки доцільності, планування, контролю, порівняння рішень та аналізу ефективності використання ресурсів.

Зазвичай проєктні показники поділяють на кілька ключових груп, які охоплюють усі аспекти реалізації проєкту (рис. 1):

1) Технічні показники – відображають фізичні, функціональні та технологічні характеристики кінцевого продукту або результату проєкту. Вони визначають, наскільки проєкт відповідає встановленим специфікаціям, стандартам і вимогам. Наприклад, площа забудови, загальна та корисна площа, об’єм будівлі, кількість поверхів, висота приміщень, матеріали конструкцій, міцність конструкцій, рівень енергоефективності.

2) Економічні показники – вимірюють фінансову ефективність проєкту. Вони допомагають контролювати витрати, оцінювати прибутковість і забезпечувати фінансову стабільність проєкту. Наприклад, бюджет проєкту, кошторисна вартість будівництва, вартість 1 м² або 1 м³ об’єкта, собівартість виконання робіт, економія ресурсів, рентабельність інвестицій, окупність проєкту.

3) Часові показники – стосуються дотримання графіка виконання робіт. Вони дають змогу відстежувати терміни, контролювати своєчасність виконання етапів і всього проєкту загалом. Наприклад, тривалість будівництва, графік виконання робіт, відхилення від початкового графіка, терміни виконання окремих завдань.

4) Якісні показники – визначають рівень якості результатів проєкту. Вони включають кількість виявлених дефектів, рівень задоволеності клієнтів, відповідність будівельним нормам, архітектурну виразність та екологічність.

Аналіз цих чотирьох груп показників, що охоплюють технічні, економічні, часові та якісні аспекти, формує основу для комплексного управління проєктом. Однак, у сучасному будівельному середовищі, де проєкти стають дедалі складнішими, для досягнення цільових показників та успішного завершення робіт вже недостатньо просто моніторити ці критерії. Необхідно впроваджувати прогресивні підходи та системи управління, які забезпечують гнучкість, ефективну взаємодію та здатність швидко реагувати на виклики.

Управління будівельними проєктами пройшло значну еволюцію, відходячи від традиційних лінійних підходів до більш гнучких і співпрацюючих моделей. Сучасні методології зосереджені на підвищенні ефективності, мінімізації відходів і покращенні комунікації між усіма учасниками проєкту.

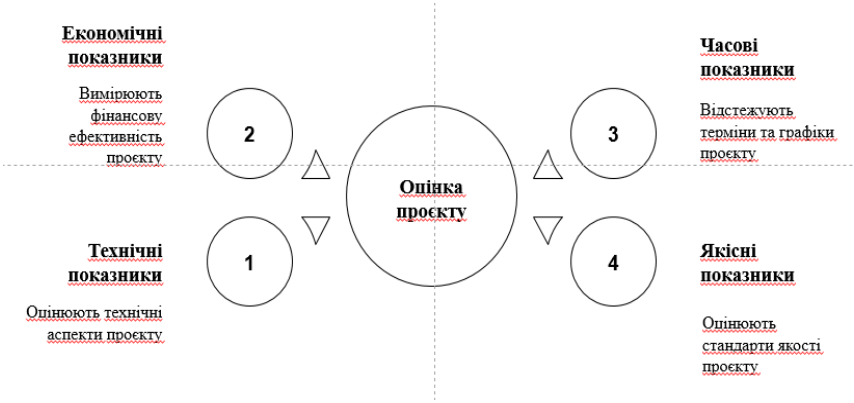

Рис. 1. Комплексна оцінка проекту. *Джерело:авторська розробка*

Методологія удосконалення проєктних показників у будівництві ґрунтується на системному підході до управління життєвим циклом проєкту – від планування й проектування до експлуатації. Її основою є поєднання традиційних техніко-економічних показників (вартість, тривалість, якість) із сучасними інтегрованими KPI (енергоефективність, екологічність, безпека, цифрова зрілість, задоволеність замовника) [11]. Ці вимірювані величини є ключовими для забезпечення прозорості та ухвалення обґрунтованих рішень.

Для досягнення комплексного удосконалення проєктних показників доцільно використовувати такі методології (табл. 1):

1) Lean Construction (ощадливе будівництво) – метод, що фокусується на оптимізації потоків робіт та усуненні всіх видів втрат, що призводить до значного підвищення продуктивності праці. Найпопулярнішим інструментом Lean у будівництві є Система останнього планувальника (Last Planner System), яка допомагає зробити графік робіт більш реалістичним і надійним, залучаючи до планування тих, хто безпосередньо виконуватиме роботу.

2) Agile Construction – методологія, яка передбачає ітеративне планування та гнучке реагування на зміни під час виконання будівельних робіт. Слово Agile перекладається як «гнучкий», «спритний», «верткий». Саме гнучкість і покладено в основу цієї методології [12, 13]. Основні принципи Agile:

- проєкт розбивається на короткі цикли ("спринти"), що дозволяє регулярно переглядати результати та вносити корективи;
- методологія вітає зміни навіть на пізніх етапах, що важливо в умовах невизначеності;
- активна участь клієнта та постійна взаємодія всередині команди [12,13].

3) Integrated Project Delivery (IPD) – інтеграція учасників будівельного процесу (замовників, проєктувальників, підрядників) для узгодження цілей і спільної відповідальності. Інтегрована реалізація проєктів (IPD) – це сучасний підхід до управління проєктами, який з’явився як відповідь на проблеми фрагментації у традиційних методах будівництва [14].

4) Life Cycle Assessment (LCA) – метод оцінки ефективності будівлі протягом усього її життєвого циклу, включаючи експлуатаційні витрати та вплив на довкілля.

Таблиця 1

Методологічні підходи удосконалення проєктних показників у сучасному будівництві

Методологія	Основна мета	Ключові інструменти	Вплив на проєктні показники
Lean Construction	Усунення втрат, підвищення продуктивності	Потокове виробництво, Just-in-Time, картування процесів	Зменшення витрат, скорочення термінів, підвищення якості
Agile Construction	Гнучке управління проєктами, швидка адаптація	Ітеративне планування, короткі спринти, ретроспективи	Підвищення гнучкості, зниження ризиків, покращення комунікацій
Integrated Project Delivery (IPD)	Співпраця учасників проєкту та спільна відповідальність	Єдина контрактна модель, колективне планування	Узгодження інтересів, зменшення конфліктів, підвищення результативності
Life Cycle Assessment (LCA)	Оцінка будівлі за весь життєвий цикл	Моделі енергоспоживання, оцінка впливу на довкілля	Зменшення експлуатаційних витрат, підвищення енергоефективності
Critical Path Method (CPM) / PERT	Планування й контроль строків	Сітьові графіки, сценарне планування	Оптимізація графіків, скорочення термінів, зменшення ризику затримок
Building Performance Evaluation (BPE)	Оцінка реальних показників після експлуатації	Моніторинг параметрів будівлі, аналітика даних	Зворотний зв'язок, коригування майбутніх проєктів
Sustainable Project Management (SPM)	Орієнтація на сталість і екологічність	LEED, BREEAM, екологічні KPI	Підвищення екологічності, привабливість для інвесторів
Risk-Oriented Project Management (ROPM)	Управління ризиками	Карта ризиків, метод Монте-Карло, SWOT-аналіз	Зменшення ймовірності відхилень у вартості та строках
Six Sigma	Зниження дефектів, підвищення якості	DMAIC-цикл, статистичний контроль	Покращення якості, зменшення переробок і витрат

5) Critical Path Method (CPM) і PERT (Метод критичного шляху) – це техніка планування процесів проєкту, що дозволяє визначати критичні та некритичні задачі, і запобігає їх невчасному закриттю. CPM допомагає визначити найважливіші завдання, від яких залежить тривалість будівництва. PERT застосовують для роботи з невизначеністю й варіативними строками виконання.

6) Building Performance Evaluation (BPE) – метод оцінки будівлі після введення в експлуатацію. Дозволяє оцінити реальні показники проєкту (комфорт, енергоефективність, витрати на утримання) після введення в експлуатацію, формуючи базу для вдосконалення майбутніх проєктів.

7) Sustainable Project Management (SPM) – методологія управління будівництвом із врахуванням принципів сталого розвитку. Інтегрує економічні, екологічні та

соціальні показники з метою відповідності міжнародним стандартам «зеленого будівництва» (BREEAM, LEED).

8) Risk-Oriented Project Management (ROPM) – методологія, що фокусується на аналізі ризиків для визначення можливих відхилень від запланованих показників. Передбачає створення карти ризиків і плану дій для їх мінімізації.

9) Six Sigma (шість сигм) – методологія, що застосовується для підвищення якості й усунення дефектів через статистичний аналіз процесів. Основна ціль Six Sigma – постійне покращення процесів та усунення помилок. Вона дає змогу вдосконалювати процеси будівництва, контролюючи якість матеріалів, робіт та управлінських процедур [13].

Однак, сучасні методології управління, не можуть розкрити свій повний потенціал без інтеграції з відповідним цифровим інструментарієм. Саме їх поєднання створює потужний синергетичний ефект, який дозволяє кардинально удосконалити проєктні показники. Цифрові інструменти стають не просто допоміжними засобами, а ключовою опорою для реалізації принципів цих методологій.

- Lean Construction та BIM: інформаційне моделювання будівель (BIM) є ідеальною технологічною базою для реалізації принципів Lean. Завдяки BIM-моделі можна візуалізувати та усунути втрати ще на етапі проєктування (наприклад, завдяки автоматизованому виявленню колізій між інженерними мережами та конструкціями можна запобігти дорогим переробкам). Окрім того, BIM забезпечує точні дані для планування "за потребою" та оптимізації потоків робіт, що сприяє значному підвищенню продуктивності праці та скороченню термінів будівництва.

- IPD та хмарні платформи: методологія IPD, яка ґрунтується на повній співпраці, стає можливою завдяки спільним цифровим середовищам (CDE). Хмарні платформи забезпечують миттєвий доступ до єдиної версії даних для всіх учасників, що усуває конфлікти, покращує комунікацію та прискорює ухвалення рішень. Ця технологічна підтримка дозволяє всім сторонам працювати на спільну мету, а не конкурувати, що є ключовим принципом IPD та призводить до ефективнішого розподілу ризиків і ресурсів.

- Agile та PM-системи/IoT: гнучкі підходи підтримуються програмним забезпеченням для управління проєктами (наприклад, Jira), що дозволяє відстежувати прогрес у коротких ітераціях. Використання Інтернету речей (IoT) та дронів забезпечує моніторинг будівельного майданчика в реальному часі. Дані з датчиків про стан обладнання, прогрес робіт і безпеку працівників миттєво передаються до PM-систем, що дозволяє швидко реагувати на зміни та приймати оперативні, обґрунтовані рішення, що є ключовим принципом Agile [12].

- Управління ризиками (ROPM) та Big Data/AI: удосконалення проєктних показників також залежить від ефективного управління ризиками. Методологія ROPM у поєднанні з аналізом великих даних (Big Data) та штучним інтелектом (AI) дозволяє прогнозувати потенційні відхилення від графіка чи бюджету. Використання AI для аналізу історичних даних з попередніх проєктів дає змогу ідентифікувати та мінімізувати ризики ще до їхнього виникнення.

- Стале управління (SPM) та програмне забезпечення для LCA: методологія сталого управління проєктами (SPM) досягає своїх цілей через використання спеціалізованого програмного забезпечення для оцінки життєвого циклу (LCA). Ці інструменти дозволяють кількісно оцінити вплив будівлі на довкілля – від етапу виробництва матеріалів до утилізації. Це допомагає приймати рішення, що забезпечують екологічність та сталість, які є дедалі важливішими проєктними показниками.

Висновки. Проведене дослідження підтверджує, що удосконалення проєктних показників у сучасному будівництві не може бути досягнуте шляхом застосування лише традиційних підходів чи впровадження окремих технологічних рішень. Фундаментальною умовою для підвищення ефективності, конкурентоспроможності та сталості будівельних проєктів є системна інтеграція сучасних методологій управління та цифрового інструментарію.

Виявлений синергетичний ефект свідчить про те, що методики, орієнтовані на оптимізацію та співпрацю, досягають максимальних результатів лише за підтримки таких цифрових платформ, як BIM та хмарні середовища. Таким чином, інтеграція методології та цифрового інструментарію дозволяє досягти всебічного покращення ключових проєктних показників: скорочення термінів, оптимізації витрат, підвищення якості та забезпечення безпеки. В умовах масштабної відбудови України цей підхід стає не просто перевагою, а критичною необхідністю, що закладає фундамент для технологічно досконалого та сталого відновлення країни.

Список літератури:

1. Григоровський П.Є., Молодід О.С., Надточій М.І. Методика визначення техніко-економічних показників нового будівництва в ущільнених умовах. *Управління розвитком складних систем*. 2015. № 22. С. 86-192.

2. Марущак У.Д., Саницький М.А., Гоц В.В., Федунь Ю.Б. Техніко-економічні показники низькоенергетичних будинків. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Теорія і практика будівництва*. 2013. № 755. С. 262–267.

3. Дац А., Загорецька О. Аналізування важливості імплементації цифрового інструментарію підприємствами будівельної галузі. *Будівельне виробництво*, 2024, (77), 67-73.

4. Малихін М.О. Модернізація систематизації та змісту дослідницьких інструментів для забезпеченняпідготовка будівництва на засадах цифровізації. *Управління розвитком складних систем*. 2025. № 62. С. 177–188.

5. Akselrod R., Shpakov A., Ryzhakova G., Honcharenko T., Chupryna I., Shpakova H. Integration of Data Flows of the Construction Project Life Cycle to Create a Digital Enterprise Based on Building Information Modeling. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*. 2022, Volume 12, Issue 01, pp. 40-50.

6. Бєлєнкова О., Дубінін Д., Калашніков Д. Цифрова трансформація будівництва і девелопменту територій як імператив формування стратегій учасників будівельного процесу. *Містобудування та територіальне планування*, 2022, (81), 13–22.

7. Stetsenko S.P., Tytok V.V., Emelianova O.M., Bielienkova O.Yu., Tsyfra T.Yu. Management of Adaptation of Organizational and Economic Mechanisms of Construction to Increasing Impact of Digital Technologies on the National Economy. *Journal of Reviews on Global Economic*. 2020. №9. pp. 149-164.

8. Дубінін Д., Філіппов О. Методологічні підходи до оцінки рівня цифровізації будівельного майданчика. *Шляхи підвищення ефективності будівництва*, 2023, 52(1), 210–226.

9. Tytok V., Emelianova O., Galinsky O., Lysytsia N., Malykhin M. Organisational and Economic Tools for Managing Investment Programmes Involving Construction Enterprises Through Digitalisation. *Review of Economics and Finance*, 2022, № 20, pp. 1060–1066.

10. Tytok V., Bolila N., Ryzhakov D., Pokolenko V., Fedun I. CALS–technology as a basis of creating modules for assessment of construction products quality, regulation of organizational, technological and business processes of stakeholders of construction industry

under the conditions of cyclical and seasonal variations. *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering*. 2021. №1. Pp. 271-276.

11. Maksimović S., Bogosavljević K. Information technologies in construction projects-application, advantagesandrisks. *Alfatech*, 2025, No.1, pp. 17-26.

12. Бушуєв С.Д., Бушуєв Д.А., Бушуєва В.Б., Бойко О.О. Концепція онтологій у моделюванні системи управління міською логістичною інфраструктурою. *Управління розвитком складних систем*. 2020. № 41. С. 14-20.

13. Шевченко Т. Популярні методології управління проєктами: від гнучкої Agile до вимогливої PRINCE2. *Wizeclub Education*. URL: https://wizeclub.education/blog/populyarni-metodologiyi-upravlinnya-proyektamivid-gnuchkoyi-agile-do-vimoglivoyi-prince2/

14. Дружинін М., Степанюк Р., Антипенко Е. Формування аналітичних компонент інтегрованої реалізації будівельного проекту як цифрової екосистеми. *Просторовий розвиток*, 2024, (10), 287–300.

Dmitry ZYAKHOR, Oleg ZINKOV

Improving project indicators in construction through the integration of digital tools and novel methodologies

The article comprehensively examines the issue of improving the efficiency of construction project implementation in the context of increasing global competition and strengthening requirements for sustainable development. The main groups of project indicators used to assess the success and effectiveness of construction project implementation are considered and systematized, namely: technical, economic, time-related, and qualitative. It has been found that traditional management approaches are often insufficiently flexible and transparent, leading to systemic problems such as cost overruns, delays, and low adaptability to changing market conditions. Based on the analysis of modern research, it is substantiated that the fragmented implementation of individual digital technologies, such as BIM, IoT, AI, and PM systems, is not sufficient to ensure a comprehensive improvement of project indicators without their integration into a holistic management methodology.

The key novel methodologies are analyzed – Lean Construction, which focuses on eliminating waste; Agile approaches, which ensure iterative planning and a quick response to changes; and Integrated Project Delivery (IPD), which promotes full collaboration among all project participants. It has been determined that their interaction with digital tools creates a powerful synergistic effect. For example, BIM provides the technological basis for implementing Lean principles, while risk management systems that work with Big Data and AI ensure proactive risk detection and minimization, which is the foundation of ROPM.

The main emphasis is placed on the synergistic effect that arises from the systematic integration of these methodologies and digital tools. The study shows how this combination allows for a comprehensive improvement of key indicators, ensuring a transition from a reactive to a proactive management model. The result is a significant reduction in timelines, cost optimization, and an increase in quality and safety. In the context of the large-scale reconstruction of Ukraine, this approach becomes a critical necessity for ensuring a sustainable and technologically advanced process of the country's recovery.

Keywords: construction, construction organization, digital tools and methodology, improvement of project indicators.